



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>B23Q 1/54</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/22436</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Juni 1997 (26.06.97)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB96/01454</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. December 1996 (19.12.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 3600/95 20. December 1995 (20.12.95) CH</p> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: WIEGAND, Alexander, Konrad [DE/DE]; An der Bilz 3, D-63906 Erlenbach (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEIKERT, Sascha [AT/CH]; Neubruchstrasse 5, CH-8127 Forch (CH).</p> <p>(74) Anwalt: SCHALCH, Rainer; E. Blum &amp; Co., Vorderberg 11, CH-8044 Zürich (CH).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
<p>(54) Title: DEVICE FOR SPATIALLY MOVING A BODY WITH THREE TO SIX DEGREES OF FREEDOM IN A CONTROLLED MANNER</p>		
<p>(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR RÄUMLICHEN GESTEUERTEN BEWEGUNG EINES KÖRPERS IN DREI BIS SECHS FREIHEITSGRADEN</p>		
<p>(57) Abstract</p> <p>This device is useful for moving a movable platform (2) relative to a base (1). The platform is linked to the base by six legs (4a-4f) joined in an articulated manner to the platform. At the base side, they are joined in an articulated manner to carriages (6a-6f). The carriages can move along parallel guiding rails (7a-7c), so that the position and orientation of the platform can be adjusted. Two carriages run independently of each other on each guiding rail, allowing a displacement with in total six degrees of freedom. Since each guiding rail is shared by two carriages, the design is simplified and some driving components may be dispensed with.</p>		

### (57) Zusammenfassung

Die Vorrichtung dient zur Bewegung einer beweglichen Plattform (2) gegenüber einer Basis (1). Die Verbindung zwischen Plattform und Basis wird durch sechs Beine (4a-4f) erreicht, die gelenkig mit der Plattform verbunden sind. Basisseitig ruhen sie gelenkig auf Schlitten (6a-6f). Die Schlitten sind entlang paralleler Führungsschienen (7a-7c) verfahrbar, wodurch die Lage und Position der Plattform eingestellt werden kann. Auf jeder Führungsschiene laufen zwei unabhängig voneinander verfahrbare Schlitten, womit eine Bewegung mit insgesamt sechs Freiheitsgraden möglich wird. Da sich zwei Schlitten eine Führungsschiene teilen, wird der Aufbau vereinfacht und Antriebskomponenten können teilweise entfallen.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Amenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

## Vorrichtung zur räumlichen gesteuerten Bewegung eines Körpers in drei bis sechs Freiheitsgraden

---

5 Die Erfindung betrifft eine Bewegungsvorrichtung für eine Werkzeugmaschine oder einem Manipulator gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

Bei einem solchen Gerät kann der zu bewegende Maschinenteil im Raum in bis zu drei translatorischen und  
10 drei rotatorischen Freiheitsgraden relativ zu einer Basis bewegt werden, indem mehrere Schlitten, die mit jeweils einem starren Gelenkstab über geeignete Gelenke mit dem zu bewegenden Körper verbunden sind, auf mindestens zwei parallelen Linearführungen verschoben werden.

15 Werkzeugmaschinen für die spanende Bearbeitung haben in erster Linie die Aufgabe, zwischen einem Werkzeug und einem Werkstück bestimmte Relativbewegungen zu ermöglichen. Die am häufigsten eingesetzten Fräsmaschinen sind dreiachsige Maschinen. Bei diesen kann das  
20 Werkzeug neben der rotatorischen Schnittbewegung in drei translatorischen Freiheitsgraden relativ zum Werkstück bewegt werden. Daneben werden auch vier- und fünfachsiges Maschinen eingesetzt, bei denen das Werkzeug zusätzlich noch in einem oder zwei rotatorischen Freiheitsgraden  
25 relativ zum Werkstück bewegt werden kann.

Die meisten konventionellen Werkzeugmaschinen haben eine serielle kinematische Struktur. Die benötigte Anzahl Freiheitsgrade wird durch Hintereinanderschalten der entsprechenden Anzahl Linear- und Rotationsachsen erreicht. Es ist jedoch zunehmend erwünscht, dass einer-  
30 seits die Steifigkeit der Maschine möglichst hoch ist, und andererseits sollten die zu bewegenden Massen möglichst gering sein, damit zusätzlich auftretende Massenkraft klein bleiben. Für solche Anforderungen sind  
35 Maschinen mit serieller kinematischer Struktur weniger gut geeignet, da hier die unterste Bewegungsachse das gesamte Gewicht der über ihr liegenden mitbewegen muss.

Zudem addieren sich die Bewegungsfehler aller Achsen, seien sie nun thermisch, geometrisch oder durch die auftretenden Belastungen bedingt.

Von ihrer kinematischen Struktur her besser  
5 geeignet für hohe Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit sind Werkzeugmaschinen mit paralleler kinematischer Struktur, wie sie seit wenigen Jahren existieren und in WO 92/17313, EP-A-0534 585 oder US 4,988,244 beschrieben sind. Diese Maschinen basieren auf der sogenannten ver-  
10 allgemeinerten Stewart-Plattform. Der zu bewegende Maschinenteil wird mittels sechs teleskopartiger, angetriebener Beine bewegt. Die zu bewegenden Massen sind geringer als bei seriellen Strukturen und die Fehler der einzelnen Bewegungsachsen addieren sich nicht. Es wirken  
15 nur Kräfte in achsialer Richtung der Beine, in der sie die höchste Steifigkeit aufweisen. Biegebeanspruchungen, wie sie bei seriellen Anordnungen auftreten, kommen nicht vor.

Der Nachteil dieser Maschinen besteht darin,  
20 dass der zur Verfügung stehende Arbeitsraum im Vergleich zur gesamten Grösse der Maschine relativ klein ist. Eine Vergrößerung des Arbeitsraums ist mit einer entsprechenden Vergrößerung der gesamten Maschine verbunden und entsprechend mit einem Verlust an Dynamik, da die Beine  
25 grösser, schwerer und weniger steif werden. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass diese Maschinen kaum aus konventionellen Standardkomponenten aufgebaut werden können. Ferner schlägt nachteilig zu Buche, dass diese Maschinen immer sechs Achsen aufweisen, demzufolge sechs  
30 Antriebe, Führungen und Messsysteme benötigen, obwohl Fräsmaschinen maximal fünf Achsen brauchen, in den meisten Fällen sogar drei Achsen ausreichend sind.

J.M. Hervé und F. Sparacino beschreiben in "Theory and Practice of Robots and Manipulators", A.  
35 Morecki, G. Bianchi, K. Jaworek (Herausg.), Springer pp. 301ff verschiedene Roboter manipulatoren, unter anderem auch ein Model mit drei parallelen Schraubspindeln,

wobei auf jeder Schraubspindel eine Mutter bewegt wird. Auf jeder Mutter sind zwei zu einem Parallelogramm verbundene Beine gelenkig befestigt. Diese Vorrichtung ist jedoch nicht für Werkzeugmaschinen geeignet, da sie  
5 nicht genügende Stabilität und Genauigkeit gewährleistet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu realisieren, die die oben erwähnten Nachteile der auf der Stewart-Plattform beruhenden Maschinen möglichst weit-  
10 gehend vermeidet und insbesondere eine hohe Stabilität und Genauigkeit und/oder einen grossen Arbeitsraum gewährleistet.

Diese Aufgabe wird vom Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

15 Durch die Verwendung von parallelen Schienen wird eine lineare Vergrösserung des Arbeitsbereichs ermöglicht. Da gleichzeitig mindestens vier unabhängig voneinander verfahrbare Schlitten vorgesehen sind, kann trotz dieser eindimensionalen Vorzugsrichtung erreicht  
20 werden, dass der bewegliche Teil nicht nur linear verfahren, sondern auch verkippt werden kann. Damit wird es möglich, mehr verschiedene Positionen einzunehmen und/oder Ungenauigkeiten auszugleichen. Wenn jedes Bein seinen eigenen Schlitten aufweist, kann sogar eine  
25 Bewegung entlang dreier translatorischer und um drei rotative Freiheitsgrade erreicht werden, obwohl alle Schlitten nur parallel verfahrbar sind.

Mindestens eine oder mehrere der Schienen können mehr als einen Schlitten tragen, so dass weniger  
30 Komponenten benötigt werden. In diesem Fall wird vorzugsweise ein Teil des Antriebs der entsprechenden zwei Schlitten zusammengefasst, so dass sich der Aufbau weiter vereinfacht. Besonders gut geeignet für einen solchen Aufbau sind elektromagnetische Linearantriebe.

35 Zur Aufnahme besonders hoher Kräfte sollten die Schienen vorzugsweise entlang ihrer ganzen Länge auf der Basis aufliegen, so dass sie sich nicht verbiegen.

Zur Anpassung der Vorrichtung an den gewünschten Arbeitsraum kann vorzugsweise eines oder mehrere der Beine in der Länge verstellbar sein, z.B. von Hand.

5 In einem anderen Aspekt der Vorrichtung sind die Schlitten so gelagert, dass sie sich um eine zur Verfahr-  
richtung parallele Achse nicht verkippen können, indem z.B. jede Schiene zwei getrennte Schienenstränge auf-  
weist, auf denen der Schlitten aufliegt. Damit wird es  
10 möglich, besonders einfache, stabile, handelsübliche Schienen und Schlitten zu verwenden.

Werden auf einem Schlitten zwei Beine angeordnet, so können auf dem Schlitten Mittel vorgesehen sein, mit denen die Relativlage der Beine zueinander  
15 und/oder die Relativlage mindestens eines der Beine relativ zum Schlitten gesteuert veränderbar ist. Damit wird die Zahl der Freiheitsgrade erhöht und es wird durch  
Betätigung des Mittels insbesondere möglich, die Lage des beweglichen Teils nachzujustieren bzw. zusätzliche Rota-  
20 tionsfreiheitsgrade zu ermöglichen, um z.B. Ungenauigkeiten in der Schienenführung auszugleichen.

Die Erfindung eignet sich besonders zur Anordnung in einer Werkzeugmaschine und ist geeignet, die dort geltenden hohen Anforderungen an Präzision und  
25 Kraftaufnahme zu erfüllen.

Weitere Vorteile und Anwendungen der erfindungsgemässen Vorrichtung ergeben sich aus der nun folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren. Dabei zeigen:

30 Fig. 1 eine perspektivische Gesamtansicht einer bevorzugten Ausführung der Erfindung,

Fig. 2 eine Detailzeichnung eines Schlittens mit dem dazugehörigen Gelenk,

Fig. 3 eine Detailzeichnung eines plattform-  
35 seitigen Gelenkes,

Fig. 4 eine Detailzeichnung einer plattformseitigen Gelenkvariante, bei der zwei Stäbe in einem Gelenk mit der Plattform verbunden sind,

Fig. 5 eine Seitenansicht der Gelenkvariante  
5 nach Fig. 4,

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung als Fräsmaschine,

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiel der Vorrichtung als Fräsmaschine,  
10 deren Arbeitsraum von drei Seiten zugänglich ist,

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung als Fräsmaschine mit sehr einfachem Maschinenbett,

Fig. 9 eine Plattform der Vorrichtung mit  
15 zwei zusätzlichen Rotationsachsen,

Fig. 10 eine weitere Ausführung der Erfindung, und

Fig. 11 eine gegenüber der Ausführung nach Fig. 10 verbesserte Variante der Erfindung.

20 Der Grundaufbau einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ergibt sich aus Figur 1. Eine Arbeitsplattform 1 bildet den zu bewegenden Teil der Vorrichtung. Sie dient als Träger für ein Arbeitsgerät, zum Beispiel eine Frässpindel, oder für ein Werkstück und soll relativ zu  
25 einer Basis 2 in sechs Freiheitsgraden bewegt werden. Die Arbeitsplattform 1 ist über Gelenke 3a-3f mit den Enden von sechs starren Stäben 4a-4f verbunden. Die anderen Enden der sechs starren Stäbe sind über Gelenke 5a-5f mit sechs Schlitten 6a-6f verbunden. Jeweils zwei Schlitten  
30 werden auf einer von drei parallelen Linearführungen 7a-7c geführt, die fest mit der nicht bewegten Basis 2 verbunden sind. Jeder Schlitten verfügt über einen Antrieb und ein Positionsmesssystem. Mit Hilfe einer Steuerung 8 lassen sich die Positionen der Schlitten synchron relativ  
35 zur Basis steuern. Damit kann die Plattform 1 gezielt im Raum in sechs Freiheitsgraden bewegt werden.

Die Linearführungen 7a-7c wirken als Schienen und haben die Aufgabe, alle Freiheitsgrade der Bewegung der Schlitten 6a-6f mit Ausnahme einer Verschiebung in Richtung der Linearführung einzuschränken und die durch die Stäbe übertragenen Kräfte aufzunehmen. Die Linearführungen 7a - 7c bzw. die zwei Schienenstränge, die je eine Linearführung bilden, liegen auf ihrer ganzen Länge direkt oder indirekt an der planaren Oberfläche der Basis 2 auf und sind mit dieser verbunden. Sie können somit ohne Verbiegung grosse Kräfte aufnehmen.

Die Schlitten 6a-6f sind in den Linearführungen geführt, wobei eine Verkipfung der Schlitten um eine zur Verschiebungsrichtung parallele Achse verhindert wird. Eine solche Lagerung lässt sich mittels handelsüblichen, preiswerten Linearführungen und Schlitten realisieren.

Ein anderer Grundaufbau der Vorrichtung wird in Fig. 10 gezeigt. Auf diesen Aufbau wird am Ende der Beschreibung eingegangen.

Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Ausführung eines Schlittens mit Führung, Gelenk und einem Stab. Die Linearführungen sind als Wälzführungen realisiert, die jeweils aus zwei Schienensträngen 11 bestehen, auf denen pro Schlitten 6 vier Wagen 12 mit Wälzkörperumlauf fahren. In Fig. 2 sind nur zwei der Wagen 12 zu sehen. Die Schienen sind auf einer nicht bewegten, mit der Basis 2 verbundenen Grundplatte 13 fest montiert. Auf den vier Wagen 12 ist jeweils eine Platte 14 befestigt. Auf der einen Seite der Platte 14 ist das Gelenk 5 montiert, welches die Platte 14 mit dem Stab 4 verbindet. Auf der anderen Seite der Platte 14 befindet sich eine Spulenanordnung eines Primärteils 15 eines Linearmotors. Der Sekundärteil 16 des Linearmotors ist zwischen den Schienen 11 fest mit der Basis 13 verbunden und erzeugt das Magnetfeld für alle Schlitten einer Linearführung. Die Linearmotoren sind die Antriebe der Schlitten. Alternativ können auch andere Antriebsprinzipien hydraulisch



scher, pneumatischer oder elektrischer Natur eingesetzt werden. Damit sich auf einer Führung mehrere Schlitten bewegen können, die auf gemeinsame Komponenten eines Antriebs zurückgreifen, bieten sich als Alternative zum  
5 Linearmotor insbesondere Kugelgewindetriebe an, die eine feststehende Spindel und eine angetriebene Mutter aufweisen, wobei sich die Mutter inklusive Motor mit dem Schlitten mitbewegt, oder ein Zahnstangenantrieb, bei dem die Zahnstange auf der Basis befestigt ist und sich die  
10 Zahnräder mit dem Antrieb auf den Schlitten befinden und sich mit diesen mitbewegen.

An jedem Schlitten ist ein Abtastkopf 17 angebracht, der zur Positionserfassung einen Linearmassstab 18 abtastet. Die Schlitten, die sich auf der gleichen  
15 Führung befinden, können denselben Linearmassstab abtasten. Die Positionserfassung der Schlitten kann auch mit anderen Messverfahren, wie zum Beispiel Laserinterferometrie oder, bei der Verwendung von Kugelgewindetrieben oder Zahnstangenantrieben, über eine Winkel-  
20 messung erfolgen.

Auf der Oberseite eines jeden Schlittens 6 ist das Gelenk 5 angebracht, welches ihn mit dem Ende des Stabes 4 verbindet. Das andere Ende des Stabes 4 ist ebenfalls mit einem Gelenk 3 mit der Plattform 1 verbunden. Die beiden Gelenke schränken alle translatorischen Relativbewegungen der Körper, die sie verbinden,  
25 ein und lassen nur Rotationsbewegungen zu. Pro Stab 4 müssen an einem der beiden Gelenke mindestens drei und an dem anderen mindestens zwei Rotationsfreiheitsgrade vorhanden sein, damit die Plattform sechs Freiheitsgrade der Bewegung aufweist. Aus konstruktiven Gründen oder um  
30 grössere Bewegungen in den Gelenken zuzulassen, kann es sinnvoll sein, die Anzahl der Rotationsfreiheitsgrade über das erwähnte Mass hinaus zu erhöhen. In Fig. 2 ist  
35 beispielhaft eine Ausführungsvariante des schlittenseitigen Gelenks 5 dargestellt. Es besteht aus einer Kombination von drei Drehgelenken mit Drehachsen 20, 21,

22 und den Zwischenstücken 23, 24. Die Drehachse 20 des ersten Drehgelenks, welches den Tisch 14 mit dem ersten Zwischenstück 23 verbindet, ist senkrecht zur Tischebene des jeweiligen Schlittens 6. Die Drehachse 21 des zweiten Drehgelenks, welches das erste Zwischenstück 23 mit dem zweiten Zwischenstück 24 verbindet, ist senkrecht zur Achse 20 des ersten Drehgelenks. Die Drehachse 22 des dritten Drehgelenks, welches das zweite Zwischenstück 24 mit dem Stab 4 verbindet, ist senkrecht zu der des zweiten Drehgelenks und fällt mit der Stabachse zusammen. Die Drehgelenke sind jeweils durch vorgespannte zweireihige Schrägkugellager realisiert, um eine spielfreie Verbindung zu gewährleisten.

In Fig. 3 ist eine Ausführungsvariante des plattformseitigen Gelenks beispielhaft dargestellt. Es besteht aus einer Kombination von zwei Drehgelenken mit Drehachsen 30, 31 und einem Zwischenstück 32. Die Achse 30 des ersten Drehgelenks, welches den Stab 4 mit dem Zwischenstück 32 verbindet, ist senkrecht zur Stabachse. Die Achse 31 des zweiten Drehgelenks, welches das Zwischenstück 32 mit der Plattform 1 verbindet, ist senkrecht zu der des ersten Drehgelenkes.

Alternativ zu den bisher beschriebenen Gelenkausführungen, die aus einer Kombination von Drehgelenken aufgebaut sind, können auch an beiden Enden der Stäbe oder auch nur an einem Kugelgelenke verwendet werden.

In Fig. 4 und 5 ist eine zweite Ausführungsvariante eines plattformseitigen Gelenkes 3 beispielhaft dargestellt, bei der jeweils zwei Stäbe 4a, 4b mit der Plattform 1 über das gleiche Gelenk 3 verbunden sind. An der Plattform sind dann insgesamt nur noch drei Gelenke 3 vorhanden. Die beiden Stäbe 4a, 4b sind über zwei Drehgelenke, die die gleiche Drehachse 40 bzw. 41 haben, mit einem ersten Zwischenstück 42 verbunden. Das erste Zwischenstück 42 ist über ein Drehgelenk mit Achse 43 mit einem zweiten Zwischenstück 44 verbunden, welches seiner-

seits über ein Drehgelenk mit Achse 45 an der Plattform 1 befestigt ist. Die Achsen zweier aufeinanderfolgender Drehgelenke sind jeweils senkrecht zueinander. Dies hat den Vorteil, dass jeweils zwei Stäbe ein Dreieck bilden, 5 welches bei feststehenden Schlitten nur noch einen Freiheitsgrad der Drehung um die Achse, die die beiden schlittenseitigen Gelenkpunkte enthält, aufweist, und damit eine stabilere Anordnung darstellt als ein Gelenkviereck, welches mehr Freiheitsgrade hat.

10 Auf der Plattform 1 kann sich je nach Anwendung ein Arbeitsgerät, ein zu bearbeitendes Werkstück oder eine Greifvorrichtung befinden.

Die Plattform 1 wird im Raum relativ zur Basis 2 bewegt, indem mittels der Steuerung 8 je nach 15 der Bahn, die die Plattform zurücklegen soll, die entsprechenden Positionen der Schlitten berechnet und als Sollwerte an die Regelkreise eines jeden Schlittens übergeben werden.

Im folgenden wird die Anwendung der Erfindung 20 als Fräsmaschine näher beschrieben. In diesem Fall befindet sich auf der Plattform 1 entweder eine Frässpindel oder das zu bearbeitende Werkstück.

In Fig. 6 - 9 sind verschiedene Ausführungen der Erfindung als Fräsmaschine skizziert. In Fig. 6 wird 25 eine Variante gezeigt, bei der sich die Vorrichtung im Innern einer kastenförmigen Struktur 50 befindet und die Spindel vertikal angeordnet ist. Die Anwendung entspricht derjenigen von konventionellen Fräsmaschinen in Portal- oder Gantrybauweise und ist für grosse Werkstücke im 30 Formenbau oder in der Flugzeugindustrie gedacht.

In Fig. 7 ist eine Fräsmaschine dargestellt, bei der das Maschinenbett 52 c-förmig ist und deren Vorteil darin besteht, dass der Arbeitsraum von drei Seiten zugänglich ist.

35 In Fig. 8 wird eine spezielle Ausführung gezeigt, bei der die Bearbeitung im Innern des Raumes stattfindet, der durch die Stäbe aufgespannt wird. Diese

Anordnung hat den Vorteil, dass das Maschinenbett 54 eine sehr einfache Form aufweist und deswegen einerseits in der Herstellung sehr günstig ist und andererseits eine sehr hohe Steifigkeit aufweist. In der Mitte des Maschinenbetts 54 sind Mittel 55 zur Aufnahme eines Werkstücks vorgesehen, die den Arbeitsraum bilden. Aus Symmetriegründen und um auf beiden Seiten des Arbeitsraumes gleich viele Schlitten zu bewegen, wurden hier vier statt drei Linearführungen 7a - 7d verwendet. Auf den beiden inneren Führungen 7a, 7b werden jeweils zwei Schlitten bewegt, auf den beiden äusseren Führungen 7c, 7d jeweils nur einer. Denkbar ist auch, auf beiden Seiten des Bearbeitungsraumes insgesamt nur zwei Führungen anzubringen, auf denen alle Schlitten bewegt werden.

Je nach Anordnung der Führungen, den Orten der Gelenke, den Stablängen und dem Ort der Plattform im Raum, kann die Plattform neben der translatorischen Relativbewegung verschieden grosse Rotationsbewegungen durchführen. Diese sind aber immer begrenzt durch Kollisionen der Stäbe untereinander oder mit der Plattform und dadurch, dass der Mechanismus in eine singuläre Stellung kommt. Erfordert die Anwendung grössere Rotationsbewegungen, können auf der Plattform noch zusätzliche Rotationsachsen angebracht werden. In Fig. 9 ist beispielsweise auf der Plattform zusätzlich ein Gabelkopf 56 mit zwei Rotationsachsen montiert.

Je nach Arbeitsraum, der für eine bestimmte Anwendung gewünscht wird, und je nach Steifigkeit, die die Vorrichtung im Arbeitsraum aufweisen soll, werden Anzahl, Lage und Länge der Linearführungen, die Lage der Gelenkpunkte an der Plattform und die Länge der einzelnen Stäbe bei der Konstruktion der zu realisierenden Maschine festgelegt. Um den Arbeitsraum einer bestehenden Maschine an eine bestimmte Bearbeitung anzupassen, können die Stäbe so ausgeführt werden, dass sie, z.B. manuell, in Ihrer Länge indexiert verstellt werden können.

Eine weitere Variante der Erfindung ist beispielhaft in Fig. 10 dargestellt. Bei dieser Anordnung kann die Plattform 1 nur in den drei kartesischen Raumrichtungen relativ zu Basis 2 bewegt werden. Jeweils zwei  
5 der sechs Beine sind auf einem Schlitten 6a - 6c geführt. Die Schlitten 6a - 6c sind entlang der drei Linearführungen 7a - 7c bewegbar. Auf jedem der drei Schlitten 6a-6c sind die Enden von zwei Stäben 4a - 4f über die Gelenke 5a - 5f montiert. Die anderen Stabenden sind über die  
10 Gelenke 3a - 3f mit der Plattform 1 verbunden. Die Gelenkpunkte der Stabpaare 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f bilden in jeder Position der Plattform die Eckpunkte eines Parallelogramms. Die Gelenkpunkte der plattformseitigen Gelenke 3a - 3f liegen paarweise auf den Seitenlinien eines  
15 Dreiecks. In Fig. 10 sind die beiden Gelenke eines jeden Stabes als Kugelgelenke dargestellt, es sind aber auch Kombinationen von Drehgelenken möglich. Insbesondere wird hierzu auf die Ausführungen gemäss Fig. 3 - 6 verwiesen. Bei der Anordnung von Fig. 10 brauchen in den beiden  
20 Gelenken an jedem Stabende jedoch nur zwei Rotationsfreiheitsgrade vorhanden zu sein.

Bei der Variante von Fig. 10 wirken sich Parallelitätsfehler der Linearführungen, geometrische Abweichungen des Ortes der Gelenkpunkte und Fehler in den  
25 Stablängen dahingehend aus, dass es bei der Bewegung der Plattform zu Winkelfehlern kommt, die durch die Steuerung 8 nicht kompensiert werden können. Aus diesem Grund kann es sinnvoll sein, auf den Schlitten Mittel vorzusehen, mit denen die Steuerung 8 die Lage der Gelenkpunkte eines  
30 Schlittens relativ zueinander oder relativ zum Schlitten gesteuert verändern kann. Dies kann zum Beispiel dadurch bewerkstelligt werden, dass ein Gelenk eines Schlittens entlang einer Linearachse, die sich auf dem Schlitten befindet, gesteuert bewegt wird. Eine andere Möglichkeit  
35 besteht in der Verwendung einer auf dem Schlitten befindlichen Rotationsachse, mit der das exzentrisch angebrachte Gelenk auf einer Kreisbahn gesteuert bewegt

werden kann. Es können auch beide Gelenkpunkte eines Schlittens um eine auf dem Schlitten angebrachte Rotationsachse gesteuert bewegt und dadurch in ihrer relativen Lage zum Schlitten kontrolliert verändert werden. Eine solche Anordnung ist in Fig. 11 abgebildet. Bei dieser Ausführung sind die Gelenke 5 paarweise auf Drehtischen 6a, 6b, 6c angeordnet. Jeder Drehtisch kann um eine zum jeweiligen Schlitten senkrechte Achse relativ zum Schlitten gedreht werden, wobei die Drehbewegungen von der Steuerung 8 kontrolliert werden. Damit lassen sich nicht nur die Winkelfehler der Plattform bzw. Schienen kompensieren, sondern man erhält wieder einen Mechanismus, der die Plattform 1 in sechs Freiheitsgraden relativ zur Basis 2 bewegen kann.

Es kann auch sinnvoll sein, Kombinationen der Varianten von Fig. 1 und Fig. 10 auszuführen, indem ein Teil der Schlitten die Fusspunkte von jeweils zwei Stäben linear bewegen und die restlichen Schlitten nur einen. Beispielsweise lassen sich die Gelenke der zwei Stäbe 4a und 4b von Fig. 10 statt auf dem Schlitten 6a auf zwei einzelnen Schlitten montieren, die auf den Führungen 7a und 7c bewegt werden. Auf diese Weise spart man eine Linearführung und kann den Raum zwischen den beiden verbleibenden Führungen auf die gleiche Art nutzen wie in der Ausführung von Fig. 8. Die Plattform kann in drei Freiheitsgraden bewegt werden. Versieht man die Schlitten, die zwei Stäbe bewegen, mit Vorrichtungen, die die Lage der Gelenkpunkte zueinander oder relativ zum jeweiligen Schlitten gesteuert verändern können, kann man die Plattform in sechs Freiheitsgraden bewegen.

## Patentansprüche

---

1. Bewegungsvorrichtung für eine Werkzeug-  
5 maschine oder einem Manipulator mit einer Basis (2),  
einem gegenüber der Basis beweglichen Teil (1), mit min-  
destens sechs Beinen (4a - 4f) zur Verbindung der Basis  
(2) mit dem beweglichen Teil (1), wobei die Beine gelen-  
kig mit dem beweglichen Teil (1) verbunden sind und  
10 basisseitig gelenkig auf Schlitten (6a - 6f) ruhen, und  
wobei die Schlitten entlang im wesentlichen paralleler,  
zur Basis (2) feststehender Schienen (7a - 7c) längsver-  
schiebbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens  
vier unabhängig voneinander verfahrbare Schlitten (6a -  
15 6f) vorgesehen sind, von denen jeder mindestens ein Bein  
trägt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass sechs unabhängig voneinander verfahr-  
bare Schlitten (6a - 6f) vorgesehen sind, von denen jeder  
20 genau ein Bein trägt.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine  
der Schienen (7a - 7c) zwei Schlitten trägt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch ge-  
25 kennzeichnet, dass für die Schlitten Antriebe (15, 16)  
vorgesehen sind, wobei ein erster Teil (16) jedes An-  
triebs an der jeweiligen Schiene oder der Basis (2) und  
ein zweiter Teil (15) jedes Antriebs am jeweiligen  
Schlitten angeordnet ist, und dass der erste Teil der  
30 Antriebe für Schlitten, die auf der gleichen Schiene  
laufen, gemeinsam ist, und wobei die Antriebe insbeson-  
dere elektromagnetische Linearmotoren sind, wobei der  
zweite Teil (15) vorzugsweise eine elektrisch ansteuer-  
bare Spulenordnung umfasst.

35 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis  
4, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Schlitten einen  
Sensor (17, 18) zum Feststellen der Position des Schlit-

tens auf der jeweiligen Schiene aufweist, wobei ein erster Teil (18) jedes Sensors an der jeweiligen Schiene oder der Basis (2) und ein zweiter Teil (18) jedes Sensors am jeweiligen Schlitten angeordnet ist, und dass der erste Teil der Sensoren für Schlitten, die auf der gleichen Schiene laufen, gemeinsam ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Bein (4a - 4f) gegenüber dem jeweiligen Schlitten (6a - 6f) um drei und gegenüber dem beweglichen Teil (1) um mindestens zwei und/oder gegenüber dem jeweiligen Schlitten (6a - 6f) um mindestens zwei und gegenüber dem beweglichen Teil (1) um drei Drehachsen bewegbar ist, wobei insbesondere mindestens ein Teil der Beine (4a - 4f) in Paaren zusammengefasst ist und die Beine jedes Paares mit dem beweglichen Teil (1) über mindestens eine, insbesondere zwei oder drei, gemeinsame Drehachse(n) (40, 41; 43; 45) verbunden sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schienen im wesentlichen entlang ihrer ganzen Länge auf der Basis (2) aufliegen.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (2) eine im wesentlichen planare Oberfläche aufweist, auf welcher die Schienen in einer Ebene angeordnet sind, und dass die Basis (2) vorzugsweise Mittel (55) zum Aufnehmen eines Werkstücks oder Werkzeugs aufweist und die Schienen zu beiden Seiten des Mittels angeordnet sind, oder

dass die Basis (2) ein im wesentlichen C-förmiges Profil bildet, wobei sich die Schienen entlang der Innenseite des Profils erstrecken.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Beine (4a - 4f) in der Länge änderbar ist.



10. Vorrichtung insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche, für eine Werkzeugmaschine oder einem Manipulator mit einer Basis (2), einem gegenüber der Basis beweglichen Teil (1), mit mindestens sechs  
5 Beinen (4a - 4f) zur Verbindung der Basis (2) mit dem beweglichen Teil (1), wobei die Beine gelenkig mit dem beweglichen Teil (1) verbunden sind und basisseitig gelenkig auf Schlitten (6a - 6f) ruhen, und wobei die Schlitten entlang paralleler, zur Basis (2) feststehender  
10 Schienen (7a - 7c) in einer Verschiebungsrichtung längsverschiebbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass alle Schlitten um die Verschiebungsrichtung nicht-verkippbar auf den Schienen gelagert sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schiene (7a - 7c) mindestens zwei  
15 Schienenstränge aufweist, wobei jeder Schienenstrang im wesentlichen entlang seiner ganzen Länge auf der Basis (2) aufliegt, und wobei jeder Schlitten mit beiden Schienensträngen seiner Schiene in Kontakt steht.

20 12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens auf einem der Schlitten (6a - 6f) zwei Beine (4a - 4f) angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem mindestens einen Schlitten,  
25 auf dem zwei Beine (4a - 4f) angeordnet sind, Mittel (60a - 60c) vorgesehen sind, mit denen die relative Lage der Beine (4a - 4f) zueinander und/oder zum jeweiligen Schlitten gesteuert änderbar ist, vorzugsweise indem die  
30 zwei Beine (4a - 4f) auf einem Drehtisch angeordnet sind, wobei der Drehtisch relativ zum Schlitten drehbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf jedem Schlitten zwei zu einem Parallelogramm zusammengefasste Beine (4a -  
35 4f) angeordnet sind, wobei die den Schlitten gegenüber liegenden Enden der Beine paarweise auf den Seitenlinien

eines Dreiecks, vorzugsweise eines im etwa gleichschenkligen Dreiecks, gelenkig angeordnet sind.

15. Werkzeugmaschine mit einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche.

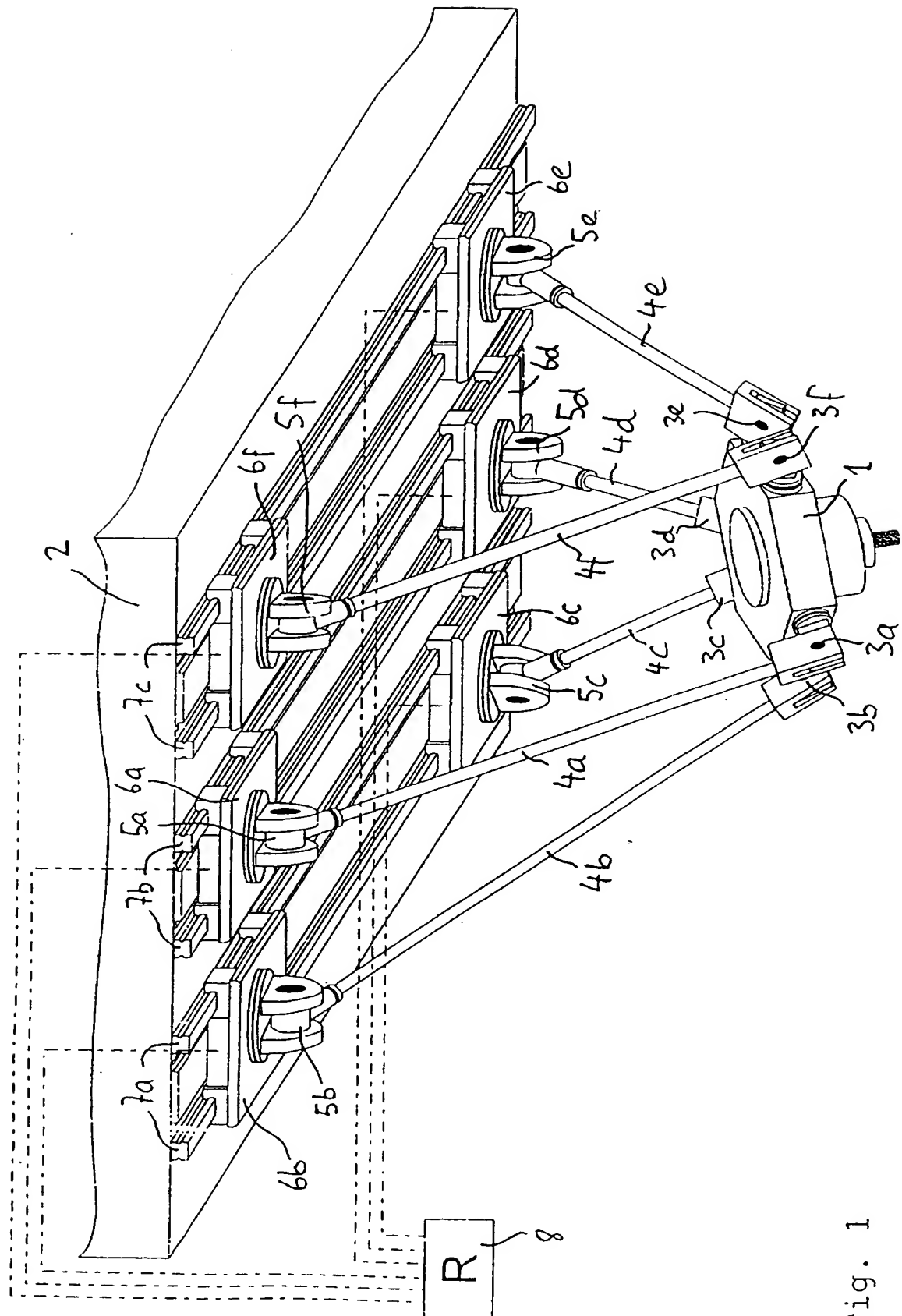


Fig. 1

2/7

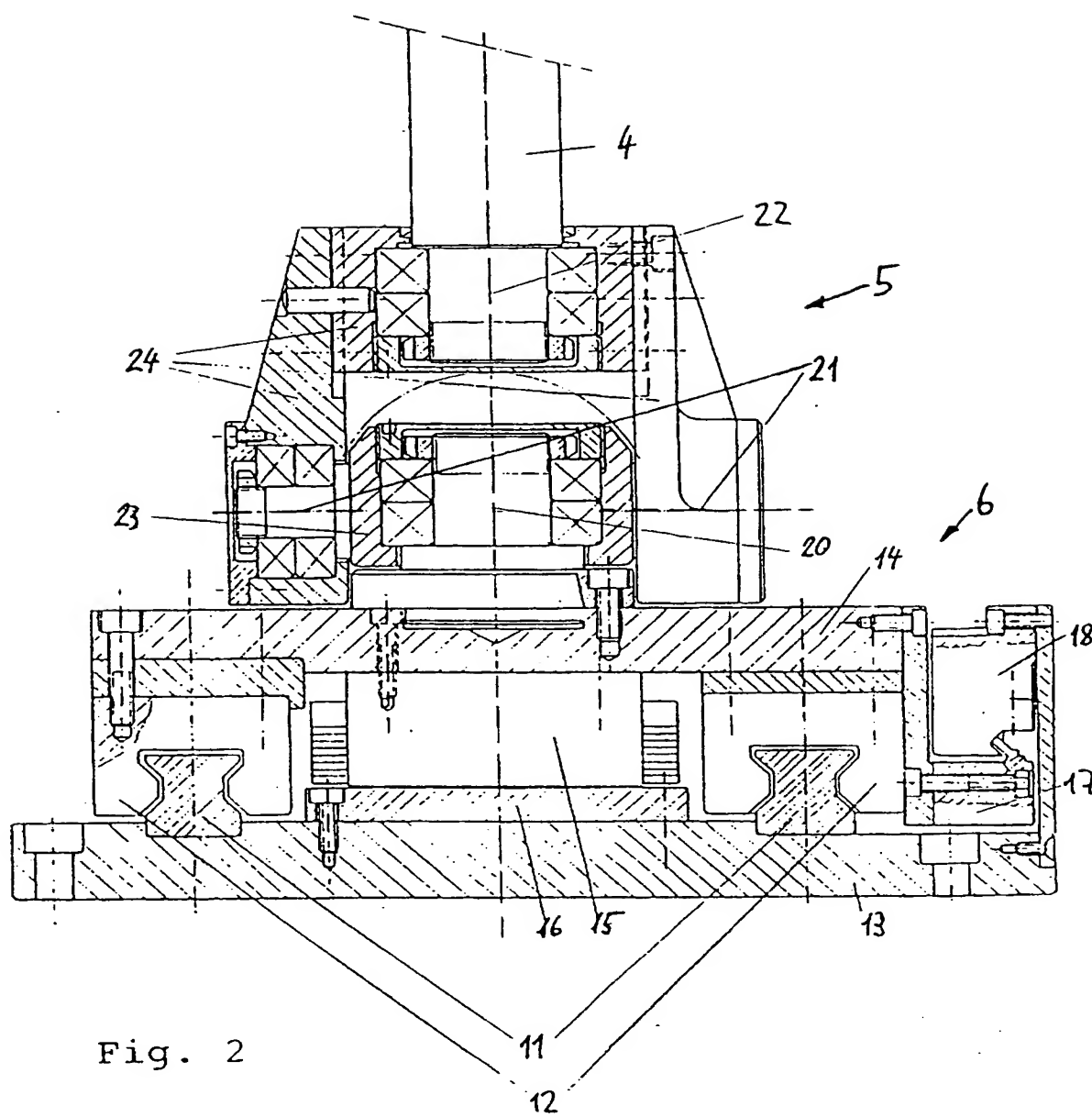


Fig. 2

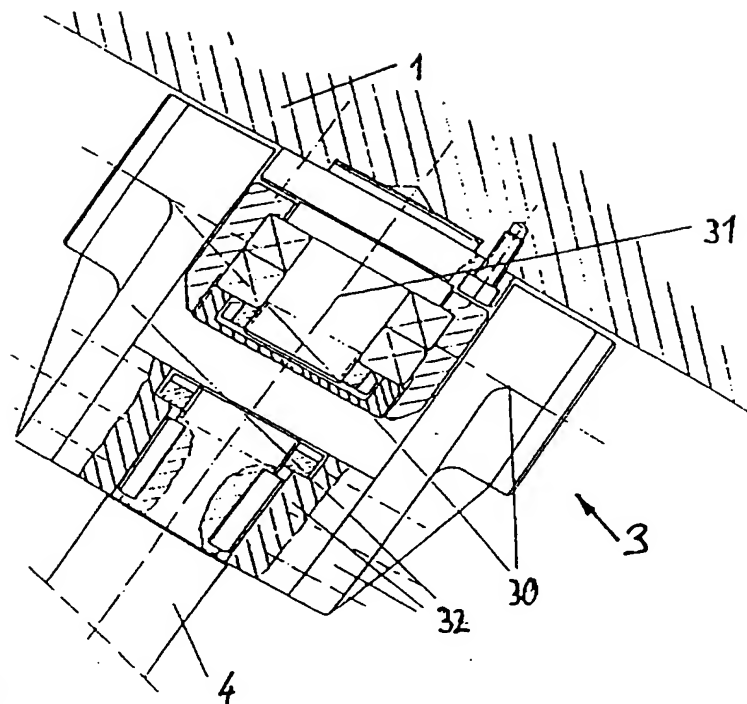


Fig. 3

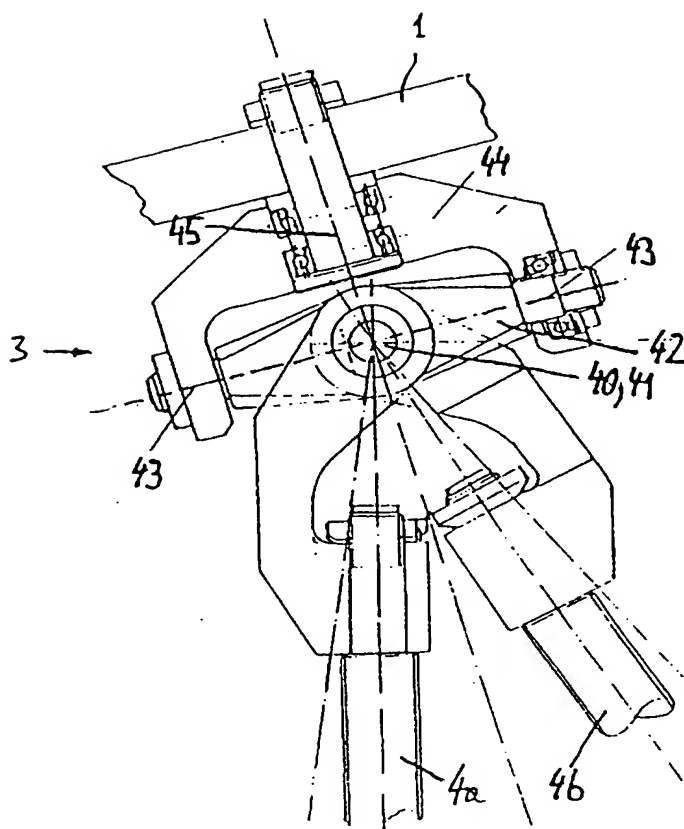


Fig. 4

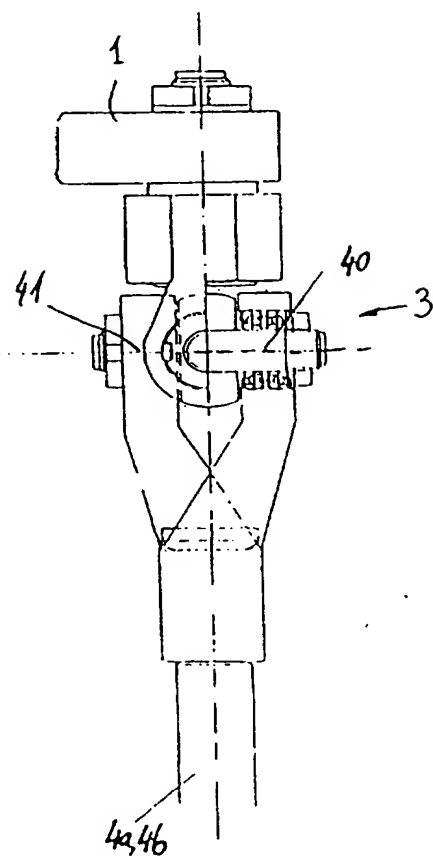


Fig. 5

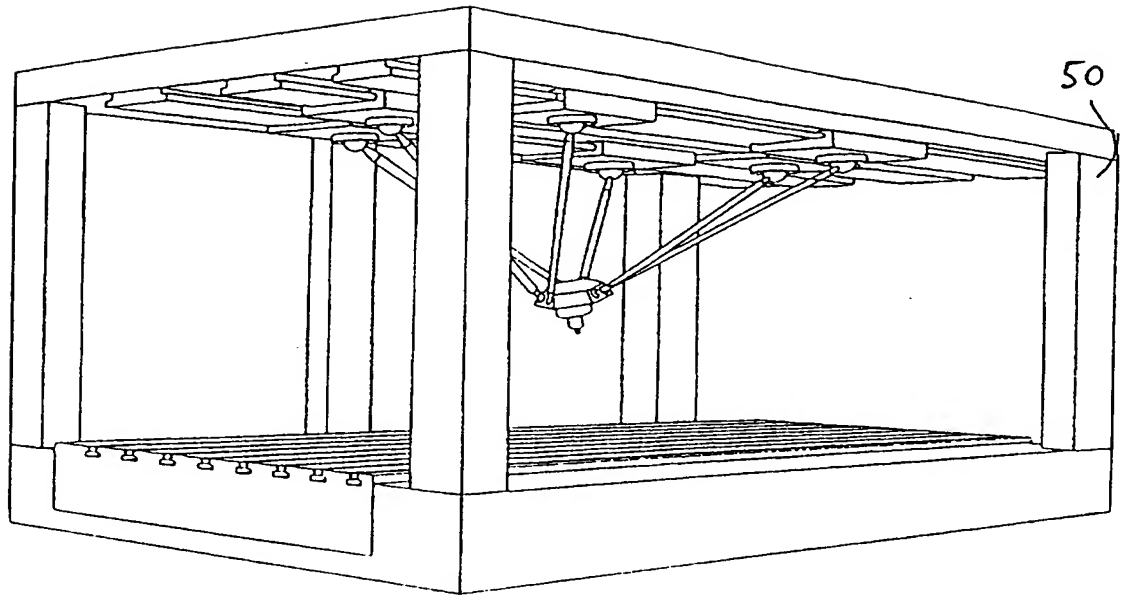


Fig. 6

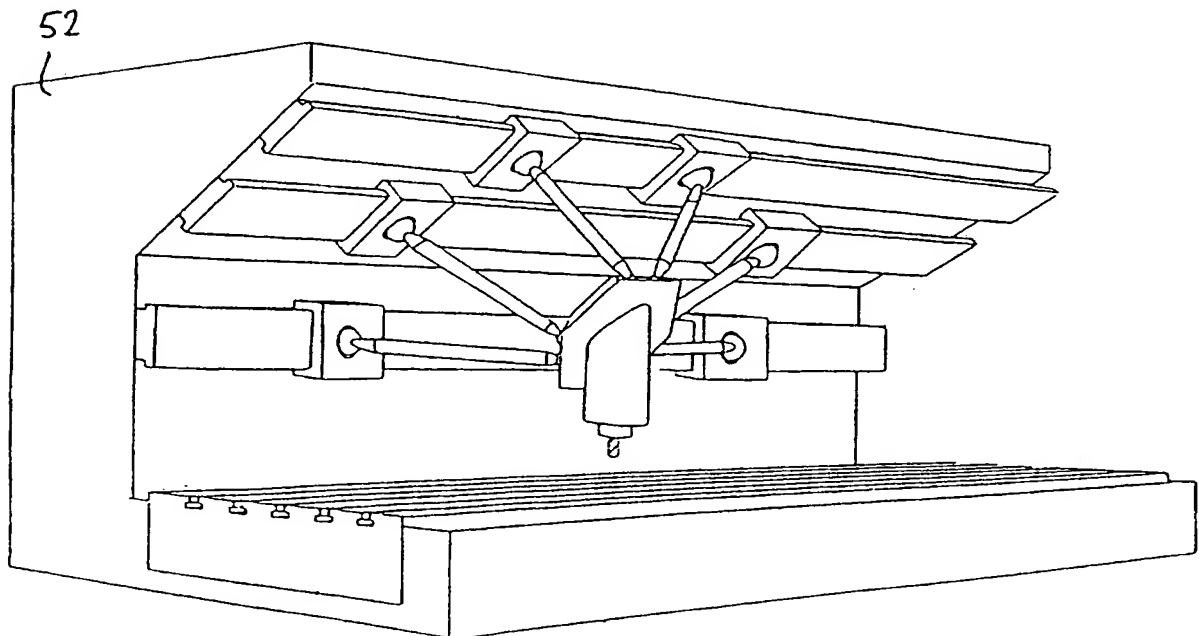


Fig. 7

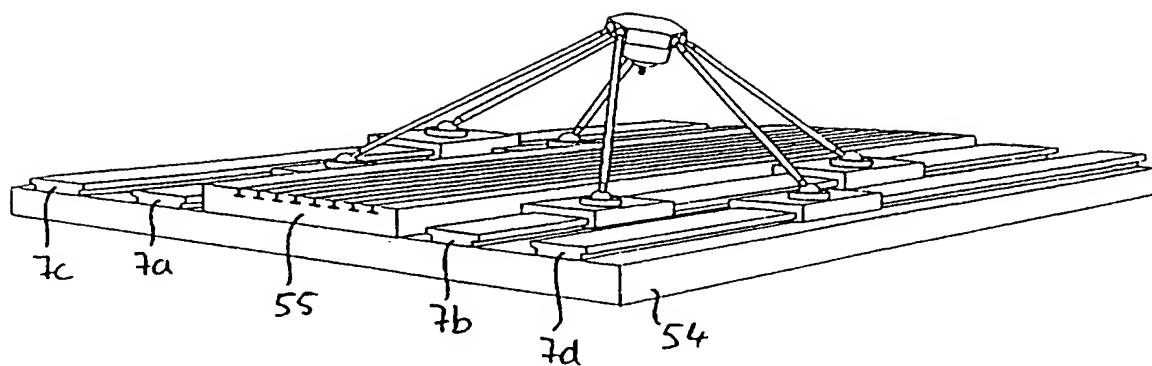


Fig. 8

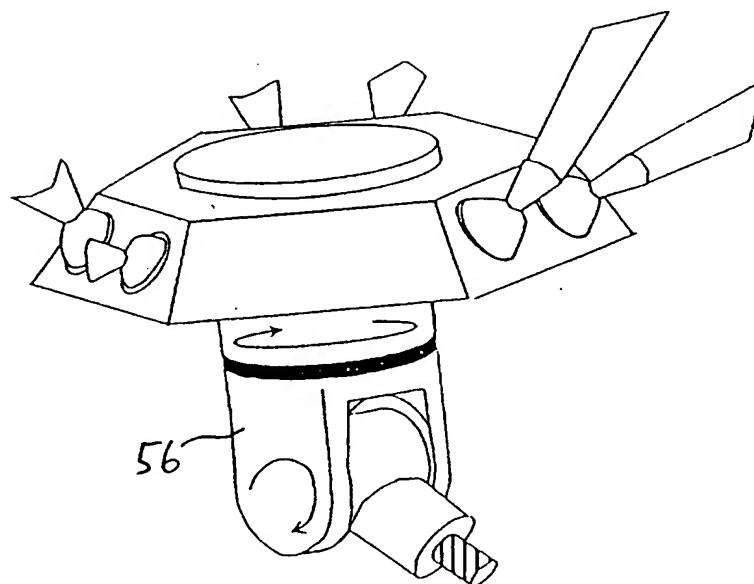


Fig. 9

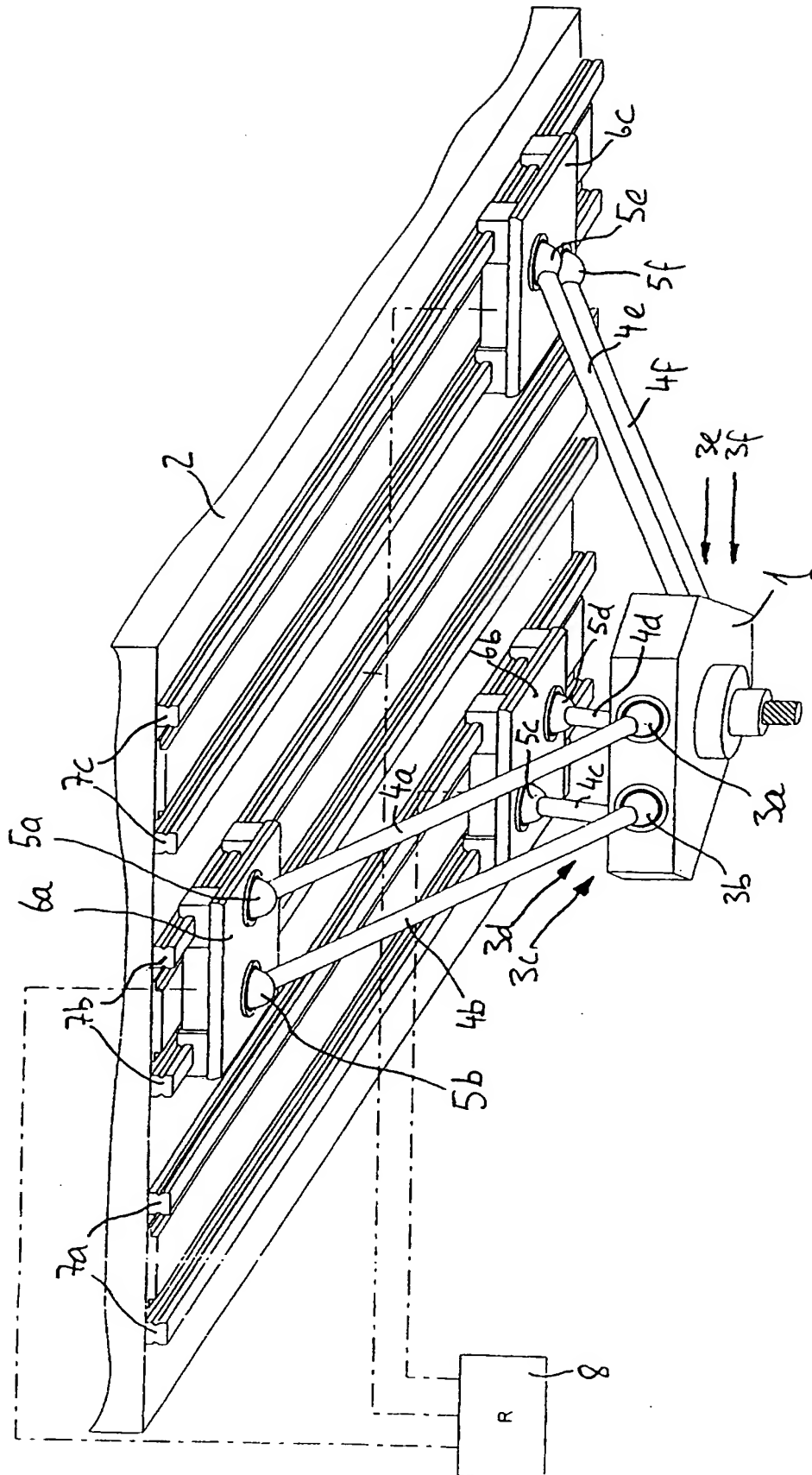


Fig. 10



7/7

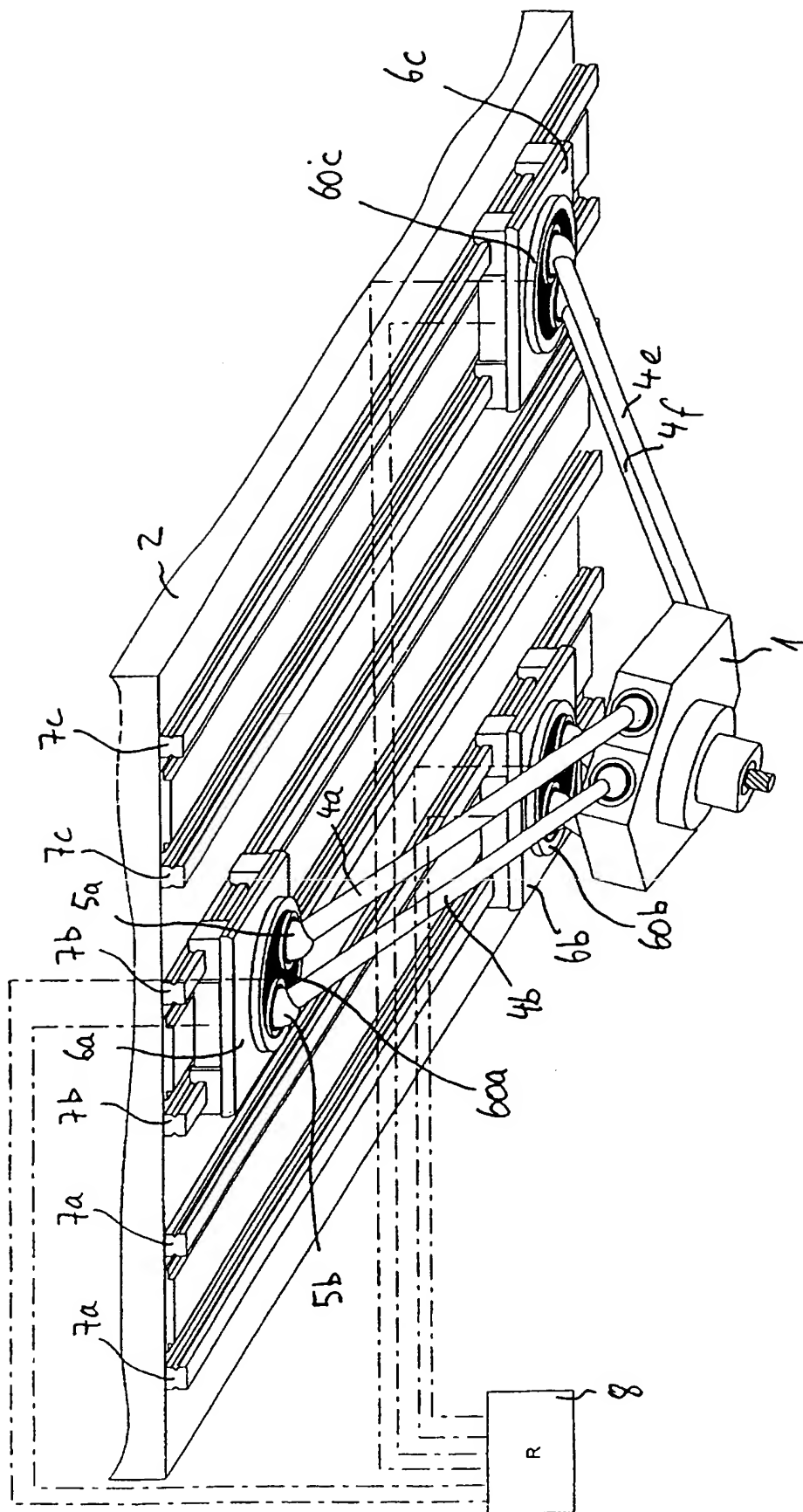


Fig.11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IB 96/01454

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 B23Q1/54

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 B23Q B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 92 17313 A (GEODETIC MACHINES LTD) 15 October 1992 cited in the application see abstract; figures 1-7 ---	1-15
A	US 5 378 282 A (POLLARD WILLARD L) 3 January 1995 see abstract; figures 1-3 ---	1-15
A	EP 0 263 627 A (KOHLE DILIP ; SANDOR GEORGE NASON (US)) 13 April 1988 ---	
A	US 4 645 084 A (DEIKE ROBERT F) 24 February 1987 -----	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 March 1997

Date of mailing of the international search report

14. 03. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Ljungberg, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. onal Application No

PCT/IB 96/01454

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9217313 A	15-10-92	AU 1462092 A CA 2107359 A EP 0578704 A GB 2269552 A,B GB 2288998 A,B GB 2288999 A,B GB 2289000 A,B GB 2289001 A,B GB 2289002 A,B JP 6509284 T US 5575597 A	02-11-92 06-10-92 19-01-94 16-02-94 08-11-95 08-11-95 08-11-95 08-11-95 08-11-95 20-10-94 19-11-96
US 5378282 A	03-01-95	NONE	
EP 0263627 A	13-04-88	US 4806068 A JP 63150178 A	21-02-89 22-06-88
US 4645084 A	24-02-87	AU 572722 B AU 5373886 A CA 1244856 A EP 0192253 A JP 62004583 A	12-05-88 28-08-86 15-11-88 27-08-86 10-01-87

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 96/01454

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 B23Q1/54

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 B23Q B25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 92 17313 A (GEODETIC MACHINES LTD) 15. Oktober 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 ---	1-15
A	US 5 378 282 A (POLLARD WILLARD L) 3. Januar 1995 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 ---	1-15
A	EP 0 263 627 A (KOHLE DILIP ; SANDOR GEORGE NASON (US)) 13. April 1988 ---	
A	US 4 645 084 A (DEIKE ROBERT F) 24. Februar 1987 -----	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. März 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14. 03. 97

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ljungberg, R

# INTERNÄTIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 96/01454

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9217313 A	15-10-92	AU 1462092 A	02-11-92
		CA 2107359 A	06-10-92
		EP 0578704 A	19-01-94
		GB 2269552 A,B	16-02-94
		GB 2288998 A,B	08-11-95
		GB 2288999 A,B	08-11-95
		GB 2289000 A,B	08-11-95
		GB 2289001 A,B	08-11-95
		GB 2289002 A,B	08-11-95
		JP 6509284 T	20-10-94
		US 5575597 A	19-11-96
-----			
US 5378282 A	03-01-95	KEINE	
-----			
EP 0263627 A	13-04-88	US 4806068 A	21-02-89
		JP 63150178 A	22-06-88
-----			
US 4645084 A	24-02-87	AU 572722 B	12-05-88
		AU 5373886 A	28-08-86
		CA 1244856 A	15-11-88
		EP 0192253 A	27-08-86
		JP 62004583 A	10-01-87
-----			

